



Das Verhalten der Pulpa nach Zahntrauma: Diagnose, Konsequenzen, Therapie

Andreas Filippi¹, Yango Pohl², Thomas von Arx¹

¹ Klinik für Oralchirurgie, Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern

² Abteilung Oralchirurgie und Zahnärztliche Poliklinik, Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Giessen

Schlüsselwörter: Zahntrauma, Apexifikation, Endodontie

Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. Andreas Filippi
Klinik für Oralchirurgie, Zahnmedizinische Kliniken
der Universität Bern
Freiburgstrasse 7, 3010 Bern
Tel. 031/632 25 04
Fax 031/632 98 84
E-Mail: andreas.filippi@zmk.unibe.ch

(Texte français voir page 51)



Situation nach Insertion und Zementierung eines normierten polierten Titanstifts

Situation après insertion et fixation d'un pilier en titane poli normalisé

Zahntraumata sind in der Regel Kombinationsverletzungen unterschiedlicher Gewebe. Während Gingiva/Oralmukosa und Knochen in wenigen Wochen regenerieren und ggf. verlorene Zahnhartsubstanzen im Kronbereich in absehbarer Zeit ersetzt werden können, sind Verletzungen des Parodontiums und der Pulpa für die Langzeit-Prognose des Zahnes nach Trauma bestimmend. Bei unreifen Zähnen wird häufig eine Ersatzgewebsbildung in der Pulpa beobachtet. Diese Vorgänge müssen diagnostiziert werden, da sie weitreichende Konsequenzen für spätere zahnärztliche Behandlungen haben können. Zahntraumata haben häufig auch die Nekrose der Pulpa zur Folge. Unfallverletzte Zähne endodontisch zu behandeln setzt entsprechende Kenntnisse der Pathologie nach Zahnverletzungen voraus. Die Therapie unterscheidet sich teilweise deutlich von der konventionellen Wurzelkanalbehandlung. Der folgende Beitrag gibt einen aktuellen Überblick über die Diagnostik und Therapie der Pulpa nach Zahntrauma.

Einleitung

Nahezu jedes Zahntrauma betrifft auch die Pulpa. Während sie nach komplizierten Frakturen der Zahnhartsubstanzen unmittelbar betroffen ist und sofort behandelt werden muss, können auch scheinbar unbedeutende Verletzungen die Pulpa beeinträchtigen. Solche Pulpaveränderungen werden nicht unmittelbar erkannt. In Abhängigkeit von der Art der Zahnverletzung kommt es zur Erschütterung, Dehnung oder Quetschung bis hin zum vollständigen Abriss der Pulpa. Die Möglichkeiten des weiteren Verlaufs beziehen sich in erster Linie auf eine Regeneration der Pulpa, eine Ersatzgewebsbildung in der Pulpa und auf die Pulpanekrose. Der individuelle Verlauf hängt neben der

Schwere der Verletzung vor allem vom Stadium des Wurzelwachstums ab. Bei offenem Foramen apicale (Durchmesser > 1,2 mm) (ANDREASEN et al. 1995b, KLING et al. 1986) besteht die Chance einer Revaskularisation der Pulpa. Dies bezieht sich auch auf schwere Zahnverletzungen, wie Intrusion oder Avulsion. Ersatzgewebsbildung oder Pulpanekrose nach Zahntrauma bedürfen einer entsprechenden Diagnostik. Sie können einen wichtigen Einfluss auf die weitere Therapie und Prognose des verletzten Zahnes haben. Der vorliegende Artikel diskutiert die möglichen Veränderungen der Pulpa, die zum Unfallzeitpunkt lediglich bedingt diagnostizierbar sind. Direkte Expositionen der Pulpa bei Zahnhartsubstanzfrakturen werden im vorliegenden Beitrag nicht behandelt.

Pulpanekrose

Wird die Vaskularisierung der Pulpa durch Dehnung, Quetschung oder Abriss unterbrochen, können die Odontoblasten nur eine begrenzte Zeit überleben. Erfolgt dann keine Ernährung der Zellen, z.B. durch Reposition unreifer Zähne in die Alveole oder durch Lagerung des Zahnes nach Avulsion in einem Spezialnährmedium (Zahnrettungsbox Dentosafe®) (POHL et al. 1999), reduziert sich die Chance auf eine Regeneration oder Reparatur der Pulpa. Der Infarkt der Pulpa führt zum Zelluntergang. Folgen sind Pulpanekrose und nachfolgend Parodontitis apicalis. Da es bei den meisten Zahnverletzungen auch zu Schäden der Wurzeloberfläche kommt, besteht bei unbehandelter Pulpanekrose die Gefahr einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption: In die Pulpa eingewanderte Mikroorganismen (apikal kontaminiertes Koagulum, Mikrofrakturen im Zahnhalsbereich [CVEK 1994]) oder deren Toxine können via Dentintubuli ungehindert in das Parodontium eindringen, aktivieren Osteoklasten und führen zu einer raschen Zerstörung von Zahnhartsubstanz und Alveolarknochen (ANDREASEN & ANDREASEN 1994a, FILIPPI et al. 2000, TROPE 1998) (Abb. 1). Wird zu diesem Zeitpunkt nicht kompetent eingegriffen, geht der Zahn innerhalb weniger Wochen verloren. Pulpanekrosen nach Zahntrauma müssen daher frühzeitig diagnostiziert und behandelt werden. Ist bereits zum Zeitpunkt der Erstbehandlung nach Trauma wahrscheinlich, dass die Pulpa in Abhängigkeit vom Wurzelwachstum des Zahnes und der Art der Verletzung keine reelle Überlebenschance hat, muss die endodontische Therapie präventiv erfolgen, um einer Pulpanekrose und der Besiedlung durch Mikroorganismen sicher vorzubeugen.

Um eine mögliche mikrobiologische Invasion in die Pulpa (und in das Desmodont) zu begrenzen, sollte grundsätzlich jeder verunfallte Zahn über einen Zeitraum von 7–10 Tagen antibiotisch behandelt werden (WEIGER et al. 1999). Bei der Wahl des Antibiotikums hat sich gezeigt, dass Tetracykline nicht nur die Zahl der Mikroorganismen reduzieren, sondern gleichzeitig auch eine hemmende Wirkung auf Osteoklasten besitzen (FILIPPI et al. 2000, SAE-LIM et al. 1998).

Ersatzgewebsbildung

Wenn die Pulpa den Gefässanschluss wiederfindet oder dieser lediglich temporär unterbrochen ist, bedeutet dies noch nicht, dass es auch zu einer Regeneration der Pulpa kommt. In vielen Fällen kommt es zu einer Umwandlung der Pulpa im Ersatzgewebe als aktive Leistung vitaler Odontoblasten (ANDREASEN 1995, VON ARX et al. 1998), die zu erhöhter Hartgewebsbildung veranlasst werden (ANDREASEN 1989). 3–12 Monate nach dem



Abb. 1 Infektionsbedingte externe Wurzelresorption Zahn 21 (Einzelaufnahme)

Fig. 1 Résorption externe radiculaire par infection de la dent 21 (cliché dent isolée)

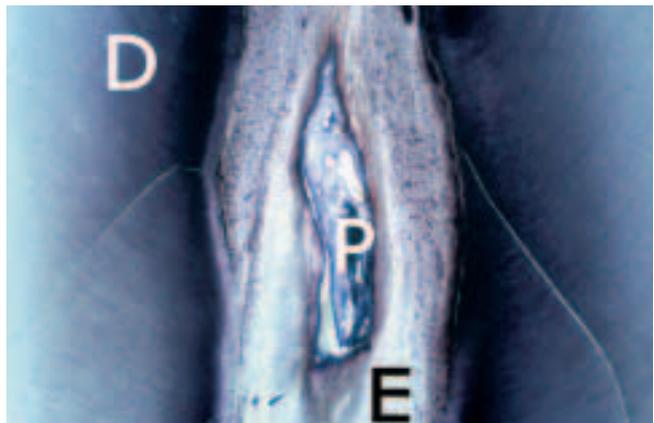


Abb. 2 Ersatzgewebsbildung in der Pulpa: Hartgewebsapposition an den Wänden des Wurzelkanals. D = Dentin, E = Ersatzgewebe, P = eingeeengte Pulpa (Histologie, Zahnschnitt längs, 6,3fach)

Fig. 2 Tissu de remplacement dans la pulpe: apposition de tissu dur sur les parois du canal radiculaire. D = dentine, E = tissu de remplacement, P = pulpe réduite (histologie, coupe longitudinale de la dent, agrandissement: 6,3)

Unfall (ANDREASEN & ANDREASEN 1994b) zeigt sich radiologisch eine Verengung des Wurzelkanals durch Hartgewebsapposition an den Wänden des Wurzelkanals (Abb. 2) bis hin zur vollständigen Obliteration (Abb. 3). Als Folge der Obliteration wird die Reaktion des Zahnes auf Sensibilitätstests geringer oder kann völlig ausbleiben (ANDREASEN & ANDREASEN 1994b). Diese voll-



Abb. 3 Vollständige Obliteration des Wurzelkanals Zahn 11 (Einzelaufnahme)

Fig. 3 Oblitération complète du canal radiculaire de la dent 11 (cliché dent isolée)

ständige Umwandlung in Hartgewebe kann in 7–16% aller Fälle zur Gefäßverengung und somit sekundär zur Pulpanekrose führen (ANDREASEN et al. 1987, ANDREASEN & ANDREASEN 1994b). Vor allem Zähne mit offenem Foramen apicale zeigen Ersatzgewebsbildung (ANDREASEN et al. 1987). Obliterationen des Wurzelkanals gehen häufig mit gelblich-bräunlichen Verfärbungen der klinischen Krone einher (Abb. 4) (ANDREASEN & ANDREASEN 1994b). Sollten diese aus ästhetischen Gründen korrigiert werden müssen, ist unbedingt darauf zu achten, dass bei der Präparation von Veneers oder Kronen keine Dentinkanälchen freigelegt werden: eindringende Mikroorganismen können zu einer sekundären Pulpanekrose führen, da das Ersatzgewebe keine pulpaähnliche Abwehrleistung erbringen kann (ANDREASEN et al. 1994, KRISTERSON 1985). Eine endodontische Behandlung ist dann auf Grund der Obliteration kaum noch möglich.

Diagnostik der Pulpa unmittelbar nach Zahntrauma

Durch apikale Erschütterung, Dehnung oder Quetschung kann unmittelbar nach einer Zahnverletzung die Pulpadiagnostik erschwert sein. Reagiert der Zahn zweifelsfrei auf entsprechende Sensibilitäts-tests (thermisch, elektrisch) ist das Ergebnis ein-



Abb. 4 Typische Verfärbung der Krone nach Pulpaobliteration Zahn 11

Fig. 4 Coloration classique de la couronne après oblitération de la pulpe de la dent 11

deutig: Sensibilität der Pulpa bedeutet auch Vitalität. Erfolgt jedoch keine (eindeutige) Reaktion, ist das Ergebnis zunächst nicht aussagekräftig. Einerseits ist der vollständige Abriss der Pulpa möglich, was bei abgeschlossenem Wurzelwachstum die Nekrose der Pulpa zur Folge hat. Andererseits kann eine apikale Irritation einen (vorübergehenden) Sensibilitätsverlust erzeugen, der primär nichts mit dem Verlust der Vitalität zu tun hat (EBELESER & GLOCKNER 1999). Eine radiologische Diagnostik (Einzelzahnfilm) gibt bei Dislokationen ggf. Anhaltspunkte auf die Möglichkeit eines Abrisses der Pulpa. Eine initiale Verfärbung der Zahnkrone, die durch Einblutungen aus der Pulpa in das Dentin entsteht, kann nicht mit permanentem Vitalitätsverlust gleichgesetzt werden. Eine Entfärbung der Zähne und die Wiederkehr der Sensibilität wurde beschrieben (ANDREASEN 1986). Im Gegensatz zur herkömmlichen Pulpadiagnostik geben unmittelbar nach einem Unfall klinische Befunde (Perkussion, Palpation) keinen Hinweis auf den Zustand der Pulpa. In dieser Situation sind neben klinischen Sensibilitätstests und radiologischen Befunden Kenntnisse über Häufigkeiten von Pulpaveränderungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Zahnverletzung hilfreich.

Pulpanekrosen nach Zahntrauma müssen grundsätzlich rasch, konsequent und kompetent diagnostiziert und behandelt werden, um einer infektionsbedingten externen Wurzelresorption und somit dem drohenden raschen Zahnverlust sicher vorzubeugen (FILIPPI et al. 2000). Aber auch Zahnverfärbungen durch falsche oder zu späte Therapie sind zu erwähnen, da internes Bleaching nach Zahntrauma schwere parodontale Schäden hervorrufen kann, die ggf. zum Zahnverlust führen (MONTGOMERY 1984, FRIEDMAN et al. 1988, FUSS et al. 1989, ROTSTEIN et al. 1991).

Konkussion

Die Erschütterung des Zahnes beim Unfall führt weder zu einer erhöhten Lockerung noch zu einer Dislokation des Zahnes. Klinisch ist der Zahn lediglich perkussionsempfindlich. Radiologisch zeigen sich keinerlei Besonderheiten. Die Verletzung spielt sich im Parodontium ab, wo kleinere Ödeme und Blutungen sowie Schäden der neurovaskulären Versorgung der Pulpa auftreten können. Beim wurzelunreifen Zahn bleibt die Pulpa in 97% der Fälle klinisch und radiologisch unverändert, lediglich in 3% werden Ersatzgewebsbildungen der Pulpa

(Obliteration des Wurzelkanals) beobachtet. Beim wurzelreifen Zahn bleibt die Pulpa in 90% der Fälle klinisch und radiologisch unverändert. Ersatzgewebsbildung wird in 6% und Pulpanekrose in 4% aller Fälle beobachtet (ANDREASEN et al. 1985, ANDREASEN et al. 1987). Selbst die leichteste aller Zahnverletzungen führt bei wurzelreifen Zähnen (Durchmesser Foramen apicale < 1,2 mm) in einem gewissen Prozentsatz zur Pulpanekrose und sollte deshalb nach dem Unfall kontrolliert werden.

Lockerung

Die Lockerung (früher: «Subluxation») umfasst eine erhöhte Beweglichkeit des verletzten Zahnes ohne Dislokation. Sichtbare Blutungen aus dem Parodontalspalt werden häufiger beobachtet (Abb. 5). Radiologische Auffälligkeiten finden sich nicht. Die Veränderungen im Desmodont sind ausgeprägter als nach Konkussion: Neben Blutungen und Ödemen sind einzelne Fasern zerrissen. Ebenfalls kann es zur Schädigung der Pulpa im Bereich des Foramen apicale kommen. Dies spiegelt sich auch in den Überlebensraten der Pulpa nach unfallbedingter Lockerung wieder: Beim wurzelunreifen Zahn bleibt die Pulpa in 88% aller Fälle klinisch und radiologisch unverändert; 12% werden in Ersatzgewebe umgewandelt. Nach Abschluss des Wurzelwachstums beträgt die Überlebensrate der Pulpa 76%. In 16% kommt es zur Pulpanekrose und in 8% zur Obliteration (ANDREASEN et al. 1985, ANDREASEN et al. 1987).

Extrusion

Der Zahn erfährt eine axiale Verlagerung und wird partiell aus der Alveole herausgehoben (Abb. 6). Er erscheint elongiert und ist deutlich erhöht beweglich. Es blutet aus dem Parodontalspalt. Radiologisch erkennt man, dass der Zahn partiell aus der Alveole herausgehoben wurde. Innerhalb der Alveole sind die Fasern des Halteapparats und der Anschluss der Pulpa vollständig zerrissen. Selbst bei adäquater Therapie (schonende Reposition und mobile Schienung über 7–10 Tage) ist die Regenerationsrate der Pulpa vergleichsweise gering. Bei offenem Foramen apicale wird in 62% eine Obliteration und in 7% eine Pulpanekrose beobachtet. Nur 31% der Pulpen regenerieren. Nach Abschluss des Wurzelwachstums etabliert sich in 65% eine Pulpanekrose. Obliterationen werden in 19% beobachtet. Lediglich 16% der Pulpen bleiben unverändert (ANDREASEN et al. 1985, ANDREASEN et al. 1987).



Abb. 5 Traumabedingte Lockerung der Zähne 11 und 21

Fig. 5 Mobilité due à un traumatisme des dents 11 et 21



Abb. 6 Extrusion des Zahnes 11

Fig. 6 Extrusion de la dent 11

Laterale Dislokation

Die Zahnkrone ist durch den Unfall nach palatinal verlagert. Die bukkale Wand ist meist frakturiert und die Wurzelspitze kann oft vestibulär in der Umschlagfalte palpiert werden (Abb. 7). Um dies radiologisch zu verifizieren, sind Aufnahmen in zwei verschiedenen Ebenen (z.B. Einzelzahnfilm und halb-axiale Aufbissaufnahme) erforderlich. Während das apikale Desmodont palatinal zerrissen und vestibulär komprimiert wird, reißt der Gefäss-Nerv-Strang am Foramen apicale ab. Die Veränderungen der Pulpa gleichen denjenigen nach Extrusion: die meisten wurzelunreifen Zähne (71%) zeigen eine Obliteration des Wurzelkanals. In 19% regeneriert sich die Pulpa, in 10% wird sie nekrotisch. Nach Abschluss des Wurzelwachstums zeigen 79% der Zähne eine Pulpanekrose; lediglich 12% kommen zur Regeneration und 9% obliterieren (ANDREASEN et al. 1985, ANDREASEN et al. 1987).

Intrusion

Bei dieser schweren Zahnverletzung wird der Zahn in den Kieferknochen hineingeschlagen und erscheint verkürzt (Abb. 8). Durch das Verkeilen des Zahnes ist der Perkussionsschall deutlich erhöht und metallisch-hell. Radiologisch ist die Verlagerung erkennbar, der Parodontalspalt meist jedoch nicht mehr. Neben grossflächigen Quetschungen des Parodontiums werden auch



Abb. 7 Palatinale Dislokation der Zähne 11, 12

Fig. 7 Dislocation palatine des dents 11 et 12



Abb. 8 Intrusion des Zahnes 11

Fig. 8 Intrusion de la dent 11

die meisten Strukturen im Bereich des Foramen apicale zerstört. Wurzelreife Zähne zeigen in allen Fällen (100%) eine Pulpanekrose, unreife Zähne in 63% der Fälle. 25% obliterieren und lediglich in 12% erfolgt eine Regeneration (ANDREASEN et al. 1985, ANDREASEN et al. 1987). Die Wiedereinstellung des intrudierten Zahnes erfolgt entweder kieferorthopädisch oder chirurgisch im Sinne einer Reposition. In Einzelfällen kann eine spontane Reeruption abgewartet werden.

Avulsion

Der Zahn wird aus seiner Alveole herausgeschlagen. Das Überleben der Odontoblasten (und Zementoblasten) hängt hier vor allem von der extraoralen Zeit und dem extraoralen Lagerungsmedium ab (ANDREASEN et al. 1995b, ANDREASEN et al. 1995c, FILIPPI et al. 1999, KIRSCHNER et al. 1992, PETTITTE et al. 1997, POHL et al. 1999, VON ARX et al. 2000), sodass hier prozentuale Angaben sehr differenziert zu betrachten sind. Der Zustand der Zellen zum Zeitpunkt der Replantation ist letztendlich dafür verantwortlich, ob es zur Nekrose oder zur Regeneration bzw. Ersatzgewebsbildung kommt. Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass bei physiologischer Zahnrettung wurzelunreifer Zähne (kurze extraorale Zeit und/oder zellphysiologisches Aufbewahrungsmedium) eine Revaskularisierung der Pulpa möglich ist. Allerdings geht das originäre Pulpagewebe meist zugrunde; häufig wird eine Ersatzgewebsbildung beobachtet (ANDREASEN et al. 1995a). Bei unphysiologischer Zahnrettung ist auch bei offenem Foramen apicale eine Nekrose der Pulpa zu erwarten. Nach Abschluss des Wurzelwachstums (Durchmesser Foramen apicale < 1,2 mm) ist der Wiederanschluss der Pulpa nach Avulsion grundsätzlich nicht zu erwarten, auch nicht bei physiologischer Zahnrettung.

Diagnostik der Pulpa nach Zahntrauma im Recall

Besteht die Wahrscheinlichkeit, dass die Pulpa nach einem Zahntrauma regeneriert oder zumindest eine Ersatzgewebsbildung zeigt (grundsätzlich nach Konkussion oder Lockerung ggf. nach Extrusion und lateraler Dislokation unreifer Zähne), müssen solche Vorgänge engmaschig kontrolliert und ggf. verifiziert werden. Sind die Sensibilitätstests im Kontrollzeitraum zweifelsfrei positiv, ist auch die Pulpa vital. Insbesondere bei elektrischem Sensibilitätstest muss jedoch mit falsch-positiven

Befunden gerechnet werden. Trotzdem können Ersatzgewebsbildungen sekundär zum Sensibilitätsverlust und nicht selten auch zum Vitalitätsverlust der Pulpa führen. Daher sind auch bei zunächst eindeutigem Sensibilitätstest Kontrollen über etwa 1 Jahr indiziert. Reagiert der Zahn anfangs nicht eindeutig auf den Sensibilitätstest, kann auch die Vitalität der Pulpa kurz nach einem Zahnunfall nicht sicher beurteilt werden. Daher gilt es zunächst, Negativzeichen zu erfassen, die für eine Pulpanekrose sprechen könnten. Typische Anzeichen hierfür können Verfärbungen der Krone nach Tagen oder Wochen (grau, violett oder rot) (Abb. 9 und 10), klinische Beschwerden nach Tagen oder Wochen (Perkussion, Spontanschmerz) sowie Anzeichen für pathologische radiologische Veränderungen (Osteolysen von Zahnhartsubstanz und Knochen = infektionsbedingte externe Wurzelresorption oder apikale Parodontitis) sein (Abb. 11). Solche Veränderungen können in der Regel 2–12 Wochen nach dem Unfall diagnostiziert werden (ANDREASEN et al. 1994, NE et al. 1999). In diesen Fällen ist unverzüglich eine adäquate endodontische Therapie einzuleiten. Periapikale radiologische Veränderungen können jedoch auch durch physiologische posttraumatische Umbauvorgänge im Sinne eines «Transient apical breakdown» (ANDREASEN & ANDREASEN 1994b) entstehen und sind daher kein alleiniges Kriterium für eine Pulpanekrose. Sensibilitätstests können erst 2–3 Monate nach einem Zahntrauma wieder eindeutig positiv sein oder bei Ersatzgewebsbildung gar keine Reaktion hervorrufen (ANDREASEN & ANDREASEN



Abb. 9 Typische Verfärbung des Zahnes 11 nach Pulpanekrose

Fig. 9 Coloration classique de la dent 11 après nécrose pulpaire



Abb. 10 Typische Verfärbung des Zahnes 21 nach Pulpanekrose

Fig. 10 Coloration classique de la dent 21 après nécrose pulpaire



Abb. 11 Parodontitis apicalis chronica (DD: entzündungsbedingte Zyste) nach traumabedingter Pulpanekrose Zahn 21 (Einzelaufnahme)

Fig. 11 Parodontitis apicalis chronica (DD: kyste infectieux) après nécrose pulpaire due à un traumatisme de la dent 21 (cliché dent isolée)



Abb. 12 Situation nach palatinaler Dislokation der wurzelunreifen Zähne 11 und 21 (Einzelaufnahme)

Fig. 12 Situation après dislocation palatine des dents immatures 11 et 21 (cliché dent isolée)

1994a). Sie sind insgesamt nur bei eindeutig positiver Reaktion aussagekräftig. Eindeutige Zeichen für die Vitalität der Pulpa finden sich nach Wochen bis Monaten radiologisch: beim unreifen Zahn und vitaler Pulpa kann trotz negativem Sensibilitäts-test der Fortschritt des Wurzelwachstums beobachtet werden (EBELESEDER & GLOCKNER 1999) (Abb. 12 und 13). Dies bedarf einer vitalen Pulpa. Auch beginnende Obliterationen sind an vitales Gewebe gebunden und können erst nach Wochen bis Monaten radiologisch diagnostiziert werden. In Fällen mit unsicherer klinischer Pulpadiagnostik sind somit regelmässige radiologische Kontrollen indiziert. Die erste innerhalb des Recalls sollte bereits 2–3 Wochen nach Trauma angefertigt werden um infektionsbedingte externe Wurzelresorptionen ggf. frühzeitig erkennen zu können. Hilfreich sind auch regelmässige Messungen mit dem Periotest®-Gerät (FILIPPI et al. 2000); viel früher als radiologische Befunde können unphysiologisch ansteigende Periotest-Werte deutliche Hinweise auf eine infektionsbedingte externe Wurzelresorption geben.

Durchführung der endodontischen Therapie nach Zahntrauma

Endodontische Behandlungen nach Zahnunfällen sind häufig erforderlich. In manchen Fällen steht bereits zum Zeitpunkt der Unfallbehandlung fest, dass eine solche Therapie indiziert ist. In anderen Fällen erwartet man die Regeneration der Pulpa oder zumindest eine Ersatzgewebsbildung. Bleibt diese aus, muss zu einem späteren Zeitpunkt die Pulpanekrose behandelt werden. Meist ist es dann bereits zu schwerwiegenden Infektionen (apikale Parodontitis, infektionsbedingte externe Wurzelresorption) gekommen.

Endodontische Behandlungen bei wahrscheinlicher Pulpanekrose

Steht bereits zum Zeitpunkt der Erstbehandlung nach Zahntrauma fest, dass ein Wiederanschluss der Pulpa unwahrscheinlich oder ausgeschlossen ist, muss bereits hier entschieden werden, wann und wo die endodontische Therapie erfolgen soll. Besonders im zahnärztlichen Notfalldienst am Abend oder am Wochenende muss diese durch den Notfallzahnarzt veranlasst werden (z.B. mittels kurzer Notiz an den Privat-



Abb. 13 Fortschritt des Wurzelwachstums der Zähne 11 und 21 trotz negativem Sensibilitätstest (Einzelaufnahme)

Fig. 13 Progression de la croissance des dents 11 et 21 malgré un test de sensibilité négatif (cliché dent isolée)



Abb. 14 Definitive konventionelle Wurzelkanalfüllung Zahn 21 nach Avulsion (Einzelaufnahme)

Fig. 14 Obturation définitive conventionnelle du canal radiculaire de la dent 21 après avulsion (cliché dent isolée)

zahnarzt). Der Patient oder die Erziehungsberechtigten müssen ebenfalls über die Notwendigkeit der Behandlung informiert werden. Leider sieht man immer wieder Patienten, die zunächst nach Entfernung der Schiene weitgehend beschwerdefrei sind und nicht darüber informiert wurden bzw. nicht einsehen können, dass eine endodontische Therapie erforderlich ist. Wochen oder Monate später erscheinen sie dann wiederum als Notfall mit einer massiven infektionsbedingten Wurzelresorption; der Zahn kann dann häufig nicht mehr erhalten werden.

Bei lateraler Dislokation, Extrusion, Avulsion und Intrusion (mit kieferorthopädischer Elongation) reifer Zähne sollte die Wurzelkanalbehandlung nach Reposition und Schienung nach 7–10 Tagen erfolgen (ANDREASEN & ANDREASEN 1994b, CVEK 1994), da zu diesem Zeitpunkt bereits die osteoklastische Aktivität einsetzt, die wiederum Wege für eine infektionsbedingte externe Wurzelresorption öffnen kann. Eine antibiotische Behandlung erfolgt ebenfalls über diesen Zeitraum (FILIPPI et al. 2000, WEIGER et al. 1999). Für den Patienten ist es angenehmer, wenn der verletzte Zahn während der ersten endodontischen Behandlungssitzung noch durch die Schiene stabilisiert ist. Zunächst ist eine temporäre Wurzelkanalfüllung mit Kalziumhydroxid indi-

ziert. Später – nach entsprechender Stabilisierung und der besseren Möglichkeit der Applikation von Kofferdam – erfolgt dann die vollständige definitive Wurzelkanalfüllung (Abb. 14). Bei Intrusion (und chirurgischer Reposition [EBELESEDER et al. 2000]) oder Avulsion wurzelreifer Zähne besteht neben der bereits erwähnten konventionellen endodontischen Behandlung innerhalb von 7–10 Tagen nach Replantation die Möglichkeit, den Zahn bereits im Zuge der Notfallbehandlung extraoral endodontisch zu behandeln. Die Methode der Wahl ist hier die sog. «autoalloplastische» Replantation (KIRSCHNER et al. 1978, KIRSCHNER et al. 1992): Nach Absetzen der Wurzelspitze werden die Pulpa und grosse Anteile des Dentins von retrograd mit normierten Innenkühlfräsen bis in die Kronenpulpa hinein entfernt (Abb. 15). Schliesslich wird ein glatter zylindrischer Titanstift mit einem biokompatiblen Wurzelkanalfüllmaterial zementiert. Der Zahn wird durch den Stift auf normale Wurzellänge ergänzt (keine Überextension) (Abb. 16). Die Stiftinsertion beeinträchtigt weder das parodontale Wiedereinheilen des Zahnes noch ankylosiert der Stift (POHL et al. 2000) (Abb. 17).

Vergleichende Untersuchungen der beiden Behandlungsformen existieren bisher nicht. Auf der Basis aktueller Publikationen (GLENDOR et al. 2000, GLENDOR et al. 1998, POHL et al. 2000)



Abb. 15 Situation nach Avulsion, Absetzen der Wurzelspitze und retrograder Präparation (Durchmesser 2,5 mm) Zahn 11

Fig. 15 Situation après avulsion, résection apicale de la racine et préparation rétrograde (diamètre 2,5 mm) de la dent 11



Abb. 16 Situation nach Insertion und Zementierung eines normierten polierten Titanstifts

Fig. 16 Situation après insertion et fixation d'un pilier en titane poli normalisé

Tab. I Konventionelle endodontische Therapie versus extraorale Stiftinsertion nach Avulsion wurzelreifer Zähne

| | Konventionelle Endodontie | Extraorale Endodontie durch Stiftinsertion |
|--|---|---|
| Instrumentarium | in der Regel vorhanden | zusätzlich erforderlich |
| Therapie | verzögert, ggf. zunächst temporär | sofort, definitiv |
| Anzahl der Sitzungen | 2–4 | 1 |
| Dauer der Behandlung | > 2 Stunden | 15–20 Minuten |
| Soziale Kosten (Behandlungszeit = lediglich 17% der Gesamtzeit mit Transport, Wartezeit) | hoch | gering |
| Mikroorganismen in der Pulpa | möglicherweise | nicht zu erwarten |
| Infektionsbedingte Wurzelresorption | möglich | wurde bisher nicht beobachtet |
| Anzahl der Röntgenbilder während der endodontischen Therapie | evtl. 1–2 (Messaufnahme, ggf. Kontrolle med. Einlage) | keines |
| Compliance des Patienten erforderlich | ja | nein |
| Palatinale Trepanationsöffnung | ja | nein |
| Spätere Verfärbung der Krone | möglich | nie |
| Reintervention nach evtl. Zweittrauma (z.B. Stiftaufbau) | möglich | nicht möglich |
| Durchführung der Behandlung | Standardtherapie, Routine in der Zahnarztpraxis | Ungewohnte Therapie, Hemmschwelle vorhanden |



Abb. 17 Situation 18 Monate nach Replantation Zahn 21 (Einzelaufnahme): durchgehender Parodontalspalt, keine Anzeichen für externe Wurzelresorption

Fig. 17 Situation 18 mois après la réimplantation de la dent 21 (cliché dent isolée): sillon parodontal continu, aucun signe de résorption externe

und der Erfahrung der Autoren mit beiden Behandlungsmethoden wurde eine Tabelle über die Unterschiede der Therapien zusammengestellt (Tab. I). Insgesamt ist es wichtig, dass die endodontische Therapie kompetent und optimal durchgeführt wird, um Spätfolgen oder infektionsbedingte externe Wurzelresorptionen sicher zu verhindern.

Verzögerte endodontische Behandlungen

Kommt es trotz der realistischen Chance eines Wiederanschlusses der Pulpa in der Kontrollphase zur Pulpanekrose oder gar zur infektionsbedingten externen Wurzelresorption, sind sofortige Trepanation, vorsichtiges Entfernen nekrotischen Gewebes (vorwiegend durch Spülen, keine exzessive Aufbereitung) und eine temporäre Wurzelkanalfüllung mit Kalziumhydroxid erforderlich. Kalziumhydroxid ist einerseits in der Lage, eine deutliche Keimreduktion im Wurzelkanalsystem bis in die Dentintubuli zu erreichen (BYSTRÖM et al. 1985), andererseits unterbindet es damit auch infektionsbedingte externe Wurzelresorptionen

(ANDREASEN & ANDREASEN 1994b). Beim wurzelreifen Zahn kann nach Abklingen der akuten Infektion meist eine konventionelle Wurzelkanalbehandlung durchgeführt werden. Bei offenem Foramen apicale ist dies jedoch nicht möglich: die apikalen Kanalwände divergieren, und es fehlt ein apikaler Stop (KOCKAPAN 1998). Ausserdem ist die vollständige Entfernung des nekrotischen Gewebes in unreifen Zähnen erschwert (CVEK 1994). Für diese Fälle werden wiederum zwei unterschiedliche Therapien favorisiert: die Apexifikation und die intentionale Replantation.

Die Apexifikation (CVEK 1972, CVEK 1974, GHOSE et al. 1987, KERÉKES et al. 1980, YATES 1988) erfolgt durch langfristige Kalziumhydroxideinlagen, die etwa alle 3 Monate erneuert werden (CVEK 1994, KOCKAPAN 1998). Obwohl das Wurzelwachstum nicht weiter fortschreiten kann, bildet sich im Mittel nach 6 bis 18 Monaten (TRONSTAD 1991) eine horizontale Hartsubstanzbarriere (Abb. 18). Sie entsteht dort, wo das Kalziumhydroxid Kontakt zu vitalem Gewebe im apikalen Bereich hat (CVEK 1994). Anzustreben ist eine vertikale Ausdehnung bis 2 mm vor den radiologischen Apex (HULLA et al. 1999). Sie ermöglicht nach Abschluss der Apexifikation eine vollständige Wurzelka-



Abb. 18 Erfolgreiche Apexifikation: apikale Hartsubstanzbarriere Zahn 21 nach 10-monatiger Kalziumhydroxid-Einlage (Einzelaufnahme)

Fig. 18 Apexification réussie: barrière calcique à l'apex, dent 21, après 10 mois d'obturation avec de l'hydroxyde de calcium (cliché dent isolée)



Abb. 19 Definitive Wurzelkanalfüllung nach erfolgreicher Apexifikation Zahn 21 (Einzelaufnahme)

Fig. 19 Obturation définitive du canal radiculaire après apexification réussie, dent 12 (cliché dent isolée)

nalfüllung (Abb. 19) durch laterale Kondensation (DE CLEEN 1994, HULLA et al. 1999, WEBBER 1984), wobei der passende Gut-taperchastift selbst herzustellen ist (tailor-made-point) (KOCKA-PAN 1998). Unter langdauernden Kalziumhydroxideinlagen wird jedoch in einem hohen Prozentsatz über zervikale Wurzelfrak-turen berichtet, die zum Zahnverlust führen (CVEK 1992).

Die intentionale Replantation (ANDREASEN & ANDREASEN 1994a, KIRSCHNER et al. 1978, POHL 1996, POHL et al. 2000) be-

inhaltet nach eventueller kurzfristiger Kalziumhydroxideinlage die schonende Extraktion des Zahnes. Es folgt – wie bereits oben beschrieben – die extraorale Aufbereitung des Wurzelka-nals von retrograd mittels normierter Innenkühlbohrer, die Insertion und Zementierung eines Titanstifts sowie die Re-plantation und Schienung über 10–14 Tage. Das Verfahren er-möglicht durch die Verwendung grossvolumiger Titanstifte ei-ne definitive Wurzelfüllung in einer Behandlungssitzung. Beide Verfahren wurden bisher unabhängig von einander un-tersucht (CVEK 1972, CVEK 1974, GHOSE et al. 1987, GLENDOR et al. 2000, GLENDOR et al. 1998, KEREKES et al. 1980, POHL 1996, POHL et al. 2000, TRONSTAD 1991, YATES 1988). In einer Tabelle wurden die relevanten Unterschiede der beiden Verfahren bei der Behandlung unreifer pulpatoter Zähne zusammengefasst (Tab. II)

Schlussfolgerung

Im Hinblick auf mögliche Spätkomplikationen hat die endo-dontische Diagnostik und Therapie nach Zahntrauma einen ganz wesentlichen Einfluss auf die Prognose des Zahnes. Sie ist bei unfallverletzten Zähnen verglichen mit konventioneller endodontischer Behandlung nach Karies besonders konsequent und möglichst optimal durchzuführen, was in Abhängigkeit vom Patientenalter und der individuellen Compliance nicht immer einfach ist. Speziell nach Avulsion wurzelreifer, aber auch bei Pulpanekrose wurzelunreifer Zähne bzw. bei erfolglosem Apexifikationsversuch stellt die extraorale endodontische The-rapie unter Verwendung normierter Titanstifte eine sehr erfolg-reiche Alternative zur konventionellen endodontischen The-rapie dar: eine Compliance inkooperativer Patienten ist nicht erforderlich, die definitive Behandlung erfolgt in einer Behand-lungssitzung, Zahnverfärbungen und infektionsbedingte Wur-zelresorptionen sowie zervikale Zahnhsfrakturen können sicher ausgeschlossen werden.

Da die Behandlung der Pulpa neben parodontalen und oral-chirurgischen Aspekten nur einen Teil der Gesamtbehandlung nach Zahnverletzungen darstellt, ist meist eine gute interdiszi-plinäre Zusammenarbeit erforderlich.

Verdankung

Wir bedanken uns bei Professor Dr. Robert Schenk und Britt Hoffmann für die Anfertigung der histologischen Abbildung (Abb. 2).

Tab. II Apexifikation versus intentionale Replantation und extraorale Stiftinsertion nach Pulpanekrose wurzelunreifer Zähne

| | Apexifikation | Intentionale Replantation |
|---------------------------------------|--------------------------|---|
| Instrumentarium | in der Regel vorhanden | zusätzlich erforderlich |
| Anzahl der Sitzungen | 4–6 (über 6–18 Monate) | 2 (über 14 Tage) |
| Dauer der Behandlung | > 2 Stunden | 30–40 Minuten (inkl. Entfernung der Schiene) |
| Soziale Kosten (siehe Tab. I) | hoch | gering |
| Effizienz (Nutzen/Aufwand) | gering | hoch |
| Möglichkeit des apikalen Verschlusses | unsicher | sicher |
| Lokalanästhesie | nicht erforderlich | erforderlich |
| Vollständigkeit der Füllung | Restlumina möglich | keine Restlumina |
| Zahnhsfrakturen | häufig (Kalziumhydroxid) | nie |
| Zusätzliches parodontales Risiko | nein | durch Extraktion möglich |

Literatur

- ANDREASEN F M: Pulpal healing after luxation injuries and root fracture in the permanent dentition. Thesis, Copenhagen University (1995)
- ANDREASEN F M: Pulpal healing after luxation injuries and root fracture in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 5: 111–131 (1989)
- ANDREASEN F M: Transient apical breakdown and its relation to color and sensibility changes after luxation injuries to teeth. *Endod Dent Traumatol* 2: 9–19 (1986)
- ANDREASEN F M, VESTERGARD PEDERSEN B: Prognosis of luxated permanent teeth – the development of pulp necrosis. *Endod Dent Traumatol* 1: 207–220 (1985)
- ANDREASEN F M, ZHIJIE Y, THOMSEN B L, ANDERSEN P K: Occurrence of pulp canal obliteration after luxation injuries in the permanent dentition. *Endod Dent Traumatol* 3: 103–115 (1987)
- ANDREASEN J O, ANDREASEN F M: Avulsions. In: ANDREASEN J O, ANDREASEN F M (Eds.): Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen, pp. 383–425 (1994a)
- ANDREASEN J O, ANDREASEN F M: Luxation injuries. In: ANDREASEN J O, ANDREASEN F M (Eds.): Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen, pp. 315–382 (1994b)
- ANDREASEN J O, BORUM M, JACOBSEN H L, ANDREASEN F M: Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 1. Diagnosis of healing complications. *Endod Dent Traumatol* 11: 51–58 (1995a)
- ANDREASEN J O, BORUM M, JACOBSEN H L, ANDREASEN F M: Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 2. Factors related to pulp healing. *Endod Dent Traumatol* 11: 59–68 (1995b)
- ANDREASEN J O, BORUM M, JACOBSEN H L, ANDREASEN F M: Replantation of 400 avulsed permanent incisors. 4. Factors related to periodontal ligament healing. *Endod Dent Traumatol* 11: 76–89 (1995c)
- ANDREASEN J O, KRISTERSON L, TSUKIBOSHI M, ANDREASEN F M: Autotransplantation of teeth to the anterior region. In: ANDREASEN J O, ANDREASEN F M (Eds.): Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen, pp. 671–690 (1994)
- BYSTRÖM A, CLAESSEN R, SUNDQUIST G: The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1: 170–175 (1985)
- CVEK M: Endodontic management of traumatized teeth. In: ANDREASEN J O, ANDREASEN F M (Eds.): Textbook and color atlas of traumatic injuries to the teeth. Munksgaard, Copenhagen, pp. 517–585 (1994)
- CVEK M: Prognosis of luxated non-vital maxillary incisors treated with calcium hydroxide and filled with guttapercha. *Endod Dent Traumatol* 8: 45–55 (1992)
- CVEK M: Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. 5. Histologic appearance of roentgenologically demonstrable apical closure of immature roots. *Odontol Revy* 25: 379–392 (1974)
- CVEK M: Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide. 1. Follow up of periapical repair and apical closure of immature roots. *Odontol Revy* 23: 27–44 (1972)
- DE CLEEN M: Apexifikation – eine Literaturübersicht und klinische Empfehlungen. *Endodontie* 3: 39–46 (1994)
- EBELESEDER K A, GLOCKNER K: Folgen des dentalen Traumas. *Endodontie* 2: 113–124 (1999)
- EBELESEDER K A, SANTLER G, GLOCKNER K, HULLA H, PERTL C, QUEHENBERGER F: An analysis of 58 traumatically intruded and surgically extruded permanent teeth. *Endod Dent Traumatol* 16: 34–39 (2000)
- FILIPPI A, VON ARX T, BUSER D: Externe Wurzelresorptionen nach Zahntrauma: Diagnose, Konsequenzen, Therapie. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 110: 712–729 (2000)
- FILIPPI A, WEBER C, OBIJOU C, ROTTER C, POHL Y, KIRSCHNER H: Dental trauma – prevention and rescue: a multidisciplinary study in Germany (Abstract). *Int J Paediatr Dent* 9 (Suppl 1): 23 (1999)
- FRIEDMAN S, ROTSTEIN I, LIBFELD H, STABHOLTZ A, HELING I: Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth. *Endod Dent Traumatol* 4: 23–26 (1988)
- FUSS Z, SZAJKIS S, TAGGER M: Tubular permeability to calcium hydroxide and to bleaching agents. *J Endod* 15: 362–362 (1989)
- GHOSE L J, BAGHDADY V S, HIKMAT BY M: Apexification of immature apices of pulpless permanent anterior teeth with calcium hydroxide. *J Endod* 13: 285–290 (1987)
- GLENDOR U, HALLING A, BODIN L, ANDERSSON L, NYGREN A, KARLSSON G, KOUCHKEI B: Direct and indirect time spent on care of dental trauma: a 2-year prospective study of children and adolescents. *Endod Dent Traumatol* 16: 16–23 (2000)
- GLENDOR U, HALLING A, ANDERSSON L, ANDREASEN J O, KLITZ I: Type of treatment and estimation of time spent on dental trauma – a longitudinal and retrospective study. *Swed Dent J* 22: 47–60 (1998)
- HULLA H, EBELSEDER K A, GLOCKNER K, STÄDTLER P: Results of gentle endodontic treatment in apexification of non-vital permanent teeth. *Ital J Paediatr Dent* 9: 137–140 (1999)
- KEREKES K, HEIDE S, JACOBSEN I: Follow-up examination of endodontic treatment in traumatized juvenile incisors. *J Endod* 6: 744–748 (1980)
- KIRSCHNER H, BOLZ U, ENOMOTO S, HÜTTEMANN R W, MEINEL W, STURM J: Eine neue Methode kombinierter auto-alloplastischer Zahnreplantation mit partieller Al₂O₃-Keramikwurzel. *Dtsch Zahnärztl Z* 33: 594–598 (1978)
- KIRSCHNER H, BURKARD W, PFÜTZ E, POHL Y, OBIJOU C: Frontzahntrauma. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102: 209–217 (1992)
- KLING M, CVEK M, MEJARE I: Rate and predictability of pulp revascularisation in therapeutically reimplanted permanent incisors. *Endod Dent Traumatol* 2: 83–89 (1986)
- KOCKAPAN C: Endodontie. Lehmanns, Giessen, pp. 186–194 (1998)
- KRISTERSON L: Autotransplantation of human premolars. A clinical and radiographic study of 100 teeth. *Int J Oral Surg* 14: 200–213 (1985)
- MONTGOMERY S: External cervical resorption after bleaching a pulpless tooth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 57: 203–206 (1984)
- NE R F, WITHERSPOON D E, GUTMAN J L: Tooth resorption. *Quintessence Int* 30: 9–25 (1999)
- PETTITTE M, HUPP J, MESAROS S, TROPE M: Periodontal healing of extracted dogs' teeth air-dried for extended periods and soaked in various media. *Endod Dent Traumatol* 13: 113–118 (1997)
- POHL Y, FILIPPI A, TEKIN U, KIRSCHNER H: Periodontal healing after intentional auto-alloplastic reimplantation of injured immature upper front teeth. *J Clin Periodontol* 27: 198–204 (2000)
- POHL Y, TEKIN U, BOLL M, FILIPPI A, KIRSCHNER H: Investigations

- on a cell culture medium for storage and transportation of avulsed teeth. *Aust Endod J* 25: 70–75 (1999)
- POHL Y: Chirurgische Zahnerhaltung mit Hilfe grossvolumiger Keramikstifte an Frontzähnen des Oberkiefers. *Stomatologie* 93: 265–272 (1996)
- ROTSTEIN I, TOREK Y, MISGAV R: Effect of cementum defects on radicular penetration of 30% H₂O₂ during intracoronaral bleaching. *J Endod* 17: 230–233 (1991)
- SAE-LIM V, WANG CY, CHOI G W, TROPE M: The effect of systemic tetracycline on resorption of dried replanted dogs' teeth. *Endod Dent Traumatol* 14: 127–132 (1998)
- TRONSTAD L: *Clinical Endodontics*. Thieme, Stuttgart (1991)
- TROPE M: Root resorption of dental and traumatic origin: classification based of etiology. *Pract Periodont Aesthet Dent* 10: 515–522 (1998)
- VON ARX T, FILIPPI A, BUSER D: Avulsion bleibender Zähne: Diagnostische, klinische und therapeutische Aspekte. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 110: 731–744 (2000)
- VON ARX T, WENGER P, HARDT N: Spätfolgen nach Traumata bleibender Zähne bei Kindern. *Acta Med Dent Helv* 3: 196–202 (1998)
- WEBBER RT: Apexogenesis versus apexification. *Dent Clin North Amer* 28, 669–697 (1984)
- WEIGER R, KALWITZKI M, LÖST C: Der avulsierte Zahn. *Endodontie* 2: 165–179 (1999)
- YATES J A: Barrier formation time in non-vital teeth with open apices. *Int Endod J* 21: 313–319 (1988)